

Epilepsias de las áreas elocuentes: su abordaje quirúrgico. Aporte de la neuroimagen moderna

Epilepsies of eloquent areas: contributions of modern neuroimaging

Hugo B. Pomata, MD; Fernando Contreras, MD; Gabriela De Pino, MD; Yamila Slame, MD;
Paulina Yáñez, MD; Federico Sánchez González, MD; Gabriela Ugarnes, MD; Juan Pociecta, MD



Hugo B. Pomata, MD
Neurocirujano

*Hospital de Pediatría J. P. Garrahan
FLENI*

RESUMEN

El abordaje quirúrgico de las epilepsias que asientan en las áreas elocuentes, en especial las que comprometan al área central, se remontan al siglo XIX. Las primeras cirugías de esta área son llevadas a cabo por los neurocirujanos Macewen y Horsley.

Los avances tecnológicos, en particular relacionados a la Neurofisiología y, más recientemente, a la Neuroimagen, han dado herramientas que al permitir un mejor conocimiento de los límites estructurales, así como las funciones corticales y una clara referencia respecto a la relación de las eventuales lesiones con la anatomía de la región en cuestión, han facilitado abordajes quirúrgicos más seguros para la integridad funcional cerebral de los pacientes, evitando en lo posible secuelas de mayor o menor gravedad.

Palabras clave: Fusión de imagen; Tractografía; Neurofisiología intraoperatoria; Neuronavegación; Electrodo intracraneanos.

ABSTRACT

The first surgeries of the epilepsies that arise from the eloquent areas, particular in the central area, date back to the XIX century and were performed by the neurosurgeons Macewen and Horsley.

Technological advances, especially those related to neurophysiology and, more recently, to neuroimaging, have provided tools that have improved our knowledge of the structural limits as well as the cortical functions and clear anatomical landmarks of the region and have thereby facilitated surgical approaches that are safer for the integrity of the brain of the patient and avoid as much as possible severe or even mild sequelae.

Key words: Image fusion; Tractography; Intraoperative neurophysiology; Neuronavigation; Intracranial electrodes

INTRODUCCIÓN

Breve reseña histórica

En relación a la cirugía en el área central, existen referencias que se remontan al siglo XIX. Fue a partir de los conocimientos obtenidos mediante los descubrimientos relacionados con la localización funcional cortical del área central, los estudios de pacientes epilépticos con crisis motoras parciales y pacientes con crisis localizadas en un hemisferio con hemiparesia postictal, así como trabajos experimentales realizados en perros y monos.

Por otra parte, observaciones clínicas pusieron en evidencia una variedad de patrones de convulsiones originadas en el área central, usualmente muy constantes en cada paciente, sean de características motoras o sensoriales.

Macewen, en 1879, fue el primer neurocirujano, que basado en los conocimientos de la localización de la corteza motora diagnosticó y operó “un caso en el cual los fenómenos motores fueron la únicas guías de lesión cerebral”, los referidos fenómenos motores fueron verdaderas convulsiones. En 1886, Horsley realizó la resección de una escara del área central, en un paciente con prolongados episodios de status “Jacksoniano”, logrando el cese de las convulsiones.¹

Estos hechos marcan el comienzo del abordaje de áreas funcionalmente complejas que, con avances y retrocesos, hoy día continúan siendo un desafío para neurocirujanos, neurólogos, neurofisiólogos e imagenólogos.²

Bases racionales de la cirugía de las áreas elocuentes

El creciente desarrollo tecnológico aplicado a la cirugía del sistema nervioso central, y en particular a la cirugía de la epilepsia, tiene su mayor expresión en la cirugía de las epilepsias refractarias localizadas en las áreas elocuentes.³

El objetivo fundamental, con fuerte base ética, es mejorar la calidad de vida de los pacientes, evitando, en lo posible, generar déficits funcionales.⁴⁻¹⁴ Por ello es recomendable la realización de procedimientos en estas áreas en centros avanzados de cirugía de epilepsia.

“REVOLUCION DE LA IMAGEN”

El advenimiento del desarrollo tecnológico aplicado a la neuroimagen moderna ha contribuido, con fundamentos racionales, al tratamiento quirúrgico de las epilepsias refractarias, fundamentalmente, como queda demostrado en los casos que presentamos, la

posibilidad de abordar las Áreas elocuentes: central, pericentral y palabra.¹⁵

Las neuroimágenes se han constituido en los últimos años en una poderosa herramienta diagnóstica, brindando información anatómica, funcional y metabólica del cerebro de manera no invasiva.¹⁶ Estas pueden incluir imágenes de resonancia magnética (RMN) o de tomografía computada (TC) estructural de alta resolución, tractografía por RMN a partir de la técnica de tensor de difusión (representación tridimensional de los tractos nerviosos cerebrales), imágenes vasculares, imágenes de activación cortical –RM funcional (RMf)– que mapean la actividad neuronal del cerebro durante la realización de una tarea, imágenes de perfusión cerebral por RMN y SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography), imágenes metabólicas (PET – Positron Emission Tomography), etc. Estas técnicas poseen algunas ventajas, entre las que cuentan su mínima invasividad, el hecho de que puede ser estudiado el cerebro completo, la posibilidad de efectuar test y re-test, son rápidos y pueden incorporarse a un sistema de neuronavegación para planificar y guiar la cirugía.

Tradicionalmente, estas modalidades de imágenes se visualizan cada una por separado en cortes 2D. Los avances recientes de algoritmos de procesamiento de imágenes (corregistración), programas de visualización y requerimientos computacionales, hacen posible la inclusión de las diferentes modalidades en el mismo espacio del cerebro del paciente, pudiendo visualizarse en 2D y 3D, de manera interactiva, la superficie cerebral y las estructuras profundas, como así también su metabolismo y función.¹⁷⁻¹⁹

Se trata, entonces, de una fusión de imágenes que hace posible la visualización simultánea de la anatomía del área epileptógena primaria (AEP), ya sea lesional o no lesional, que debe resecarse, la funcionalidad de dicha área y del tejido adyacente (a partir de las imágenes de activación cortical de áreas elocuentes motoras y del lenguaje) y la estructura de la sustancia blanca (tractografía del haz córticoespinal, fascículo arcuato, etc.) subyacente. Esto permite al neurocirujano contar con información fundamental en la etapa preoperatoria para evaluar los potenciales riesgos de secuelas neurológicas con la resección del área epileptógena.

Asimismo, esta fusión de las técnicas imagenológicas, actuando en conjunto con los métodos “gold standard” (mapeo cortical intraoperatorio, electrodos subdurales/profundos, EEG, criterio anatómico, etc.) en la planificación y resección quirúrgica podrían disminuir el riesgo de secuelas neurológicas, disminuir la extensión de la craneotomía y el tiempo de la cirugía y de la anestesia, aumentar el área de resección resguardando las funciones neurológicas, así como guiar el implante de electrodos profundos y subdurales para

estudiar áreas epileptógenas no lesionales, mejorar la prognosis y aumentar la confianza del neurocirujano con respecto al éxito de la cirugía.²⁰

En este trabajo se muestran casos donde fueron incluidas imágenes multimodales para decidir la conducta del tratamiento, planificar y guiar la cirugía. Se trata, entonces, de la posibilidad actual de reconocer estructuralmente estas áreas funcionales y con clara nitidez relacionarlas con el área epileptógena primaria, que debe researse. Esto le permite al neurocirujano tener una adecuada información sobre las potenciales secuelas o costo funcional, de la resección del área epileptógena.

Los desarrollos en software y la incorporación de los equipos de neuroimagenólogos y los fisicomédicos han logrado poder fusionar diferentes tipos de estudios (RMN - RMf²¹ - DTI/tractografía - PET - TC con implante de electores incluidos - SPECT). Esto permite saber en la etapa preoperatoria, cuál es el impacto de su aporte en la resección de la lesión epileptógena, ya sean displasias corticales - malformaciones del desarrollo cortical (MDC) - o tumores de bajo grado.²²

Obviamente, lo precedente es también aplicable, aunque con un mayor riesgo de error, en la cirugía de epilepsias no lesionales. Las mismas, ya amplia e históricamente conocido, requieren para su abordaje y tratamiento, el implante de electrodos intracraneeanos, sean estos profundos o subdurales, de gran utilidad ya que localizan el área epileptógena a resear.²³ En estos casos, si bien la fusión de imágenes es un aporte esencial, como ya se dijo, la posibilidad de generar algunas secuelas funcionales, es mayor que en el tratamiento quirúrgico de las epilepsias lesionales.

PRESENTACION DE CASOS

Caso 1: Tumor Neuroepitelial Disembrioplásico (DNT)

Paciente de 30 años con epilepsia de 6 meses de evolución. Crisis tónico-clónicas generalizadas graves y episodios de disestesias de miembro superior izquierdo. La RM anatómica muestra lesión fronto-temporo-insular derecha (Figura 1).

Las manifestaciones iniciales fueron cefalea, mareos y vómitos. Se decidió mantener una conducta expectante, con seguimiento por RM periódicas, sin cambios. El paciente ingresó a protocolo de estudio y tratamiento de las epilepsias refractarias asociadas a áreas elocuentes. La Video-EEG demostró congruencia con la lesión. Se realizó una RMf con paradigmas de lenguaje y motor para evaluar lateralización del lenguaje, topografía de la lesión y su relación con áreas elocuentes (Figura 2). Los resultados de la RMf arrojaron activación cortical bilateral de áreas de lenguaje, en íntima relación con la lesión. Se recurrió también a

la secuencia de DTI para evaluar la sustancia blanca adyacente a la lesión. A partir de la misma, mediante la técnica de tractografía, se reconstruyeron las fibras nerviosas correspondientes al tracto corticoespinal y al fascículo arcuato derechos (Figura 3). La fusión de imágenes permite visualizar las activaciones corticales, junto con las fibras nerviosas en una imagen anatómica de alta resolución (Figura 3). Una vez expuesto el campo quirúrgico, la visualización macroscópica de la lesión (Fig.4 A), así como el estudio topográfico de la lesión con respecto a las áreas elocuentes y la sustancia blanca adyacente ayudaron a guiar el implante de las grillas subdurales y a decidir la cantidad de electrodos a implantar. Se colocaron 2 grillas subdurales de 32 y 16 contactos, respectivamente (Figura 4B). La figura 4C muestra un esquema teórico correspondiente a la ubicación de la lesión y de las áreas de activación cortical de lenguaje localizadas mediante la RMf, y su relación con los contactos de los electrodos. El área epileptógena primaria (AEP) señalada en el esquema es congruente con el registro de Video-EEG. El esquema vuelve a representarse sobre la imagen de radiografía

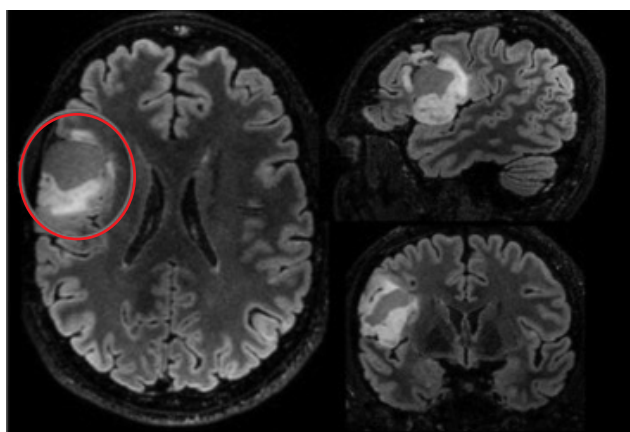


Figura 1. RM 3T de alta resolución. Las imágenes muestran una lesión fronto-temporo-insular (círculo rojo) con ligero efecto de masa: (T1)- izquierda). RM (3T) de alta resolución -con contraste- y FLAIR (derecha).

de cráneo postimplante de electrodos, mostrándose invertido con respecto a la visión del campo quirúrgico para adoptar la convención radiológica (Figura 4D). La comprobación del correcto posicionamiento de las grillas subdurales se realizó mediante TC de cerebro, fusionando la misma con las imágenes de RMN de alta resolución y con la información funcional y estructural obtenidas. (Figura 5A). La estimulación eléctrica de los electrodos (Figura 5B) coincidió con la localización de las áreas elocuentes halladas en la RMf. Estas imágenes se agregaron al sistema de neuronavegación, para realizar la planificación de la resección quirúrgica.

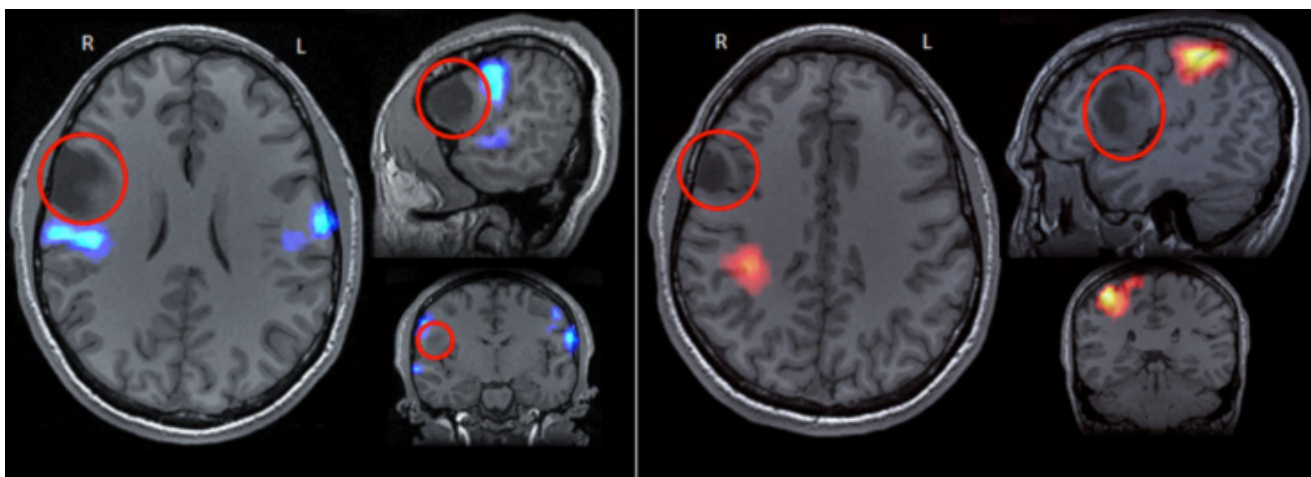


Figura 2. En las MRf se observa la activación cortical de las áreas relacionadas al lenguaje (izquierda) y el área motora de la mano izquierda (derecha). La activación de las áreas relacionadas al lenguaje (azul) fue hallada en ambos hemisferios, con estrecha proximidad a la lesión (círculo rojo), en tanto, la activación relacionada al área motora de la mano izquierda (rojo) fue encontrada sobre la corteza motora primaria con un margen de seguridad con la lesión (círculo rojo).

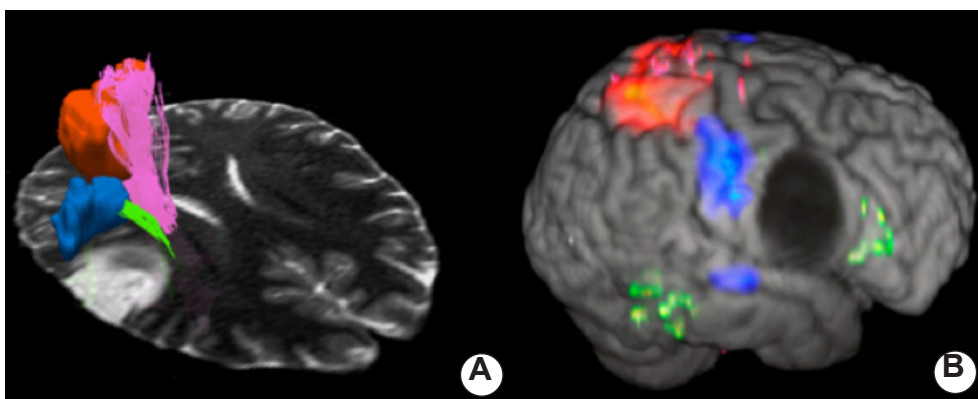


Figura 3. Se observa la fusión de las imágenes funcional, estructural y anatómica: A. Activación de las áreas de lenguaje y motora de la mano izquierda (azul y rojo, respectivamente), están desplegadas en la misma RM en T2 como el tracto córticoespinal derecho (rosa) y el fascículo arcuato (verde), mediante la integración de toda la información disponible y B. Una reconstrucción volumétrica de la DTI y la RMf en una ponderación T1.

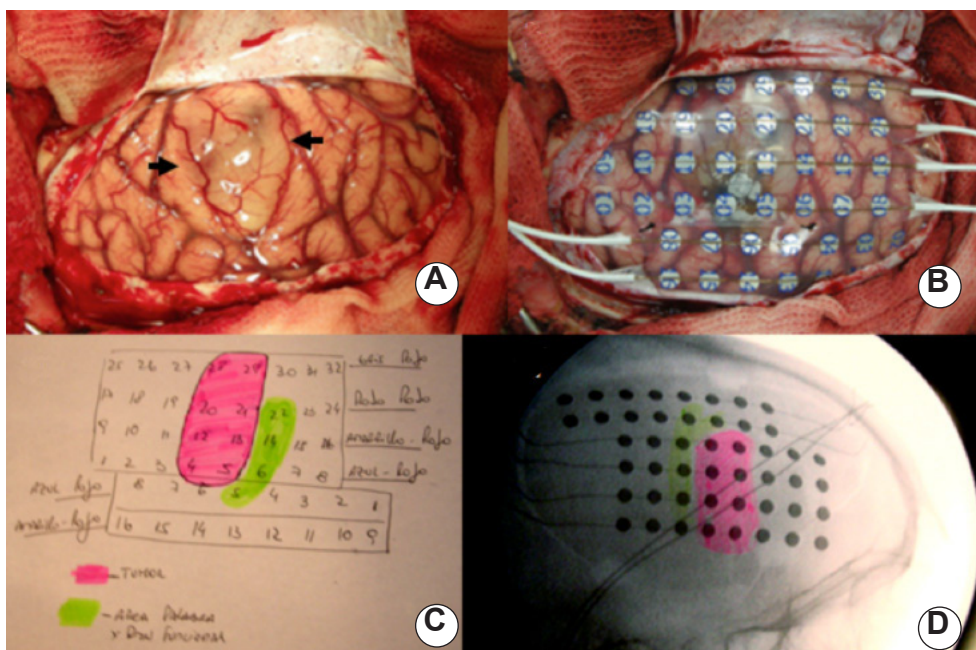


Figura 4. A. Muestra la expresión cortical de la lesión. Esta se tomará como centro para la colocación de las grillas subdurales, abarcando, también, las áreas elocuentes adyacentes a la lesión. B. Se muestran las grillas colocadas cubriendo todas las áreas a estudiar.

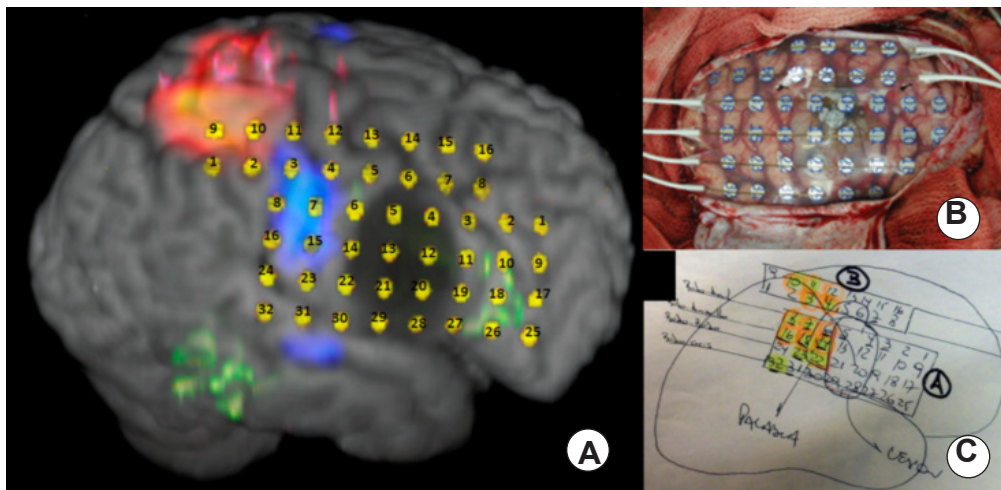


Figura 5. A. Se observa la fusión de las imágenes funcional, estructural y anatómica de la RM y la TC con las grillas subdurales. La activación de las áreas del lenguaje y la motora de la mano izquierda (rojo y azul, respectivamente) son desplegadas sobre la misma imagen volumétrica de la RM en T1 así como el tracto córticoespinal derecho (rosa) y el fascículo arcuato (verde),

junto con la la grilla de electrodos subdurales (puntos numerados). B. La imagen del implante de las grillas subdurales está rotada desde la vista quirúrgica para combinar con la vista radiológica. La comparación entre A y B verifica la correcta colocación de las grillas después del implante. C. La estimulación eléctrica muestra la armonía con la información imagenológica.

Se efectuó una lesionectomía pura con estimulación cortical y profunda en forma constante. La incorporación de la información imagenológica y eléctrica permitió la rápida localización de las áreas elocuentes y de los tractos nerviosos e hizo posible la completa resección de la lesión sin déficit postoperatorio (Fi-

gura 6A y B). El análisis postquirúrgico corroboró los márgenes de la resección (Figura 7A) y evidenció la preservación de las áreas elocuentes y de la sustancia blanca adyacente (Figura 7B y C), que coincide con la evolución postoperatoria del paciente sin déficit neurológico.

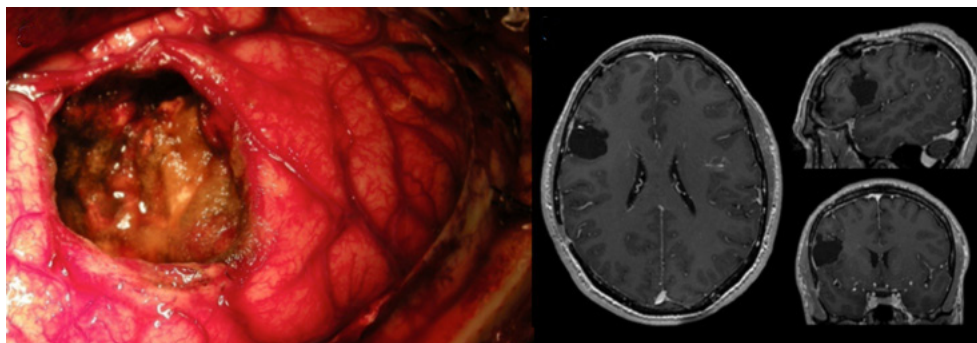


Figura 6. A. Muestra la lesionectomía pura, observándose la sustancia blanca, en el fondo, ya cubierta por surgicel. B. La RMN, en T1, muestra la completa resección de la lesión.

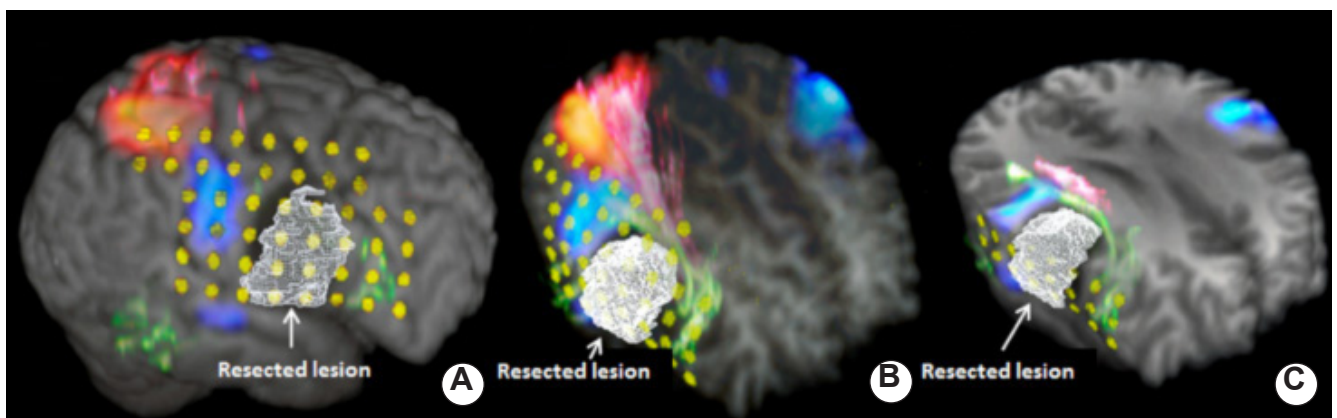


Figura 7. La lesión resecada fue “segmentada” de la imagen de la RM post-op e incorporada sobre las imágenes de los sets previos. La fusion multimodal de las imágenes muestra tres vistas rotadas de la lesión resecada con la activación del área motora de la mano izquierda y del área del lenguaje (rojo y azul, respectivamente) desplegados sobre la misma imagen de RM en T1 así como el haz del tracto córticoespinal derecho (rosa) y el fascículo arcuato (verde), junto con la grilla de electrodos subdurales (amarillo)

gura 6A y B). El análisis postquirúrgico corroboró los márgenes de la resección (Figura 7A) y evidenció la preservación de las áreas elocuentes y de la sustancia blanca adyacente (Figura 7B y C), que coincide con la evolución postoperatoria del paciente sin déficit neurológico.

Caso 2. Displasia cortical

B. J. varón, de 15 años de edad. Cursa escolaridad normal. Comenzó con crisis convulsivas a los 8 años. No presentaba déficits neurológicos ni neuropsicológicos. Se realizó Video-EEG que evidenció un foco frontocentral derecho, con convulsiones tónicas asimétricas. Al momento de la cirugía, presentaba 40 crisis por día.

La RMN anatómica muestra anomalía en corteza rolándica derecha, compatible con displasia cortical (Figura 8). Se realiza RMf con paradigmas motor de mano y pie para evaluar la topografía de la lesión y su relación con áreas motoras (Figura 9). Los resultados de la RMf arrojaron activación cortical motora en íntima relación con la lesión. Mediante la técnica de tractografía se reconstruyeron las fibras nerviosas correspondientes al tracto corticoespinal (TCS) adyacente a la lesión (Figura 10). Se observa el remodelado del tracto corticoespinal derecho, desviándose hacia ambos lados de la lesión. También puede observarse una disminución en la cantidad y un compromiso en la integridad de las

fibras nerviosas del lado patológico con respecto al homólogo contralateral sano.

La fusión de imágenes permite visualizar las activaciones corticales junto con las fibras nerviosas en una imagen anatómica de alta resolución. (Figura 11).

La expresión cortical de la lesión (Figura 12) se tomará como centro para la colocación de las grillas subdurales, abarcando, también, las áreas elocuentes adyacentes a la lesión (Fig. 12 B). Se programa una cirugía en dos tiempos. Se realiza el implante de grillas subdurales cubriendo la lesión y las áreas motoras a estudiar. Durante la cirugía se localiza la lesión por neuronavegación y se cubre la misma y las áreas motora primaria y suplementaria. Luego de la cirugía se realiza TC de cerebro para verificar la colocación de las grillas y poder fusionar esa imagen con las grillas con las RMf. Se observa la superposición de las imágenes con el implante de la grilla subdural, e identifica la lesión (Figura 13).

Una vez efectuado el implante, se realiza videotelemetría, estimulación cortical y potenciales evocados a través de la grilla, para identificar el AMP, sus límites y las relaciones con al AEP. Todos los datos obtenidos por los diferentes métodos utilizados son congruentes.

Una vez reconocidas el AEP y AMP, con sus límites, se realiza el segundo tiempo quirúrgico: lesionectomía pura. También se utilizó estimulación cortical y profunda durante la resección de la lesión. Se realizó

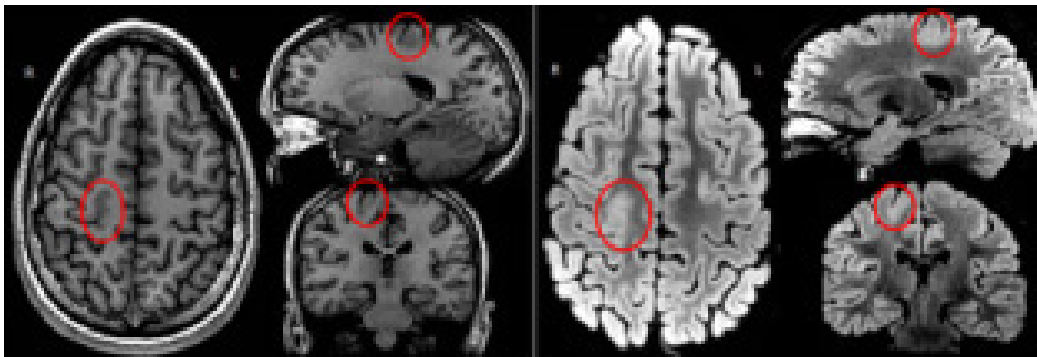


Figura 1. RM 3T, anatómica de alta resolución. Las imágenes, en intensidad T1 (izquierda) y FLAIR (derecha) muestran una displasia cortical rolándica (círculo rojo).

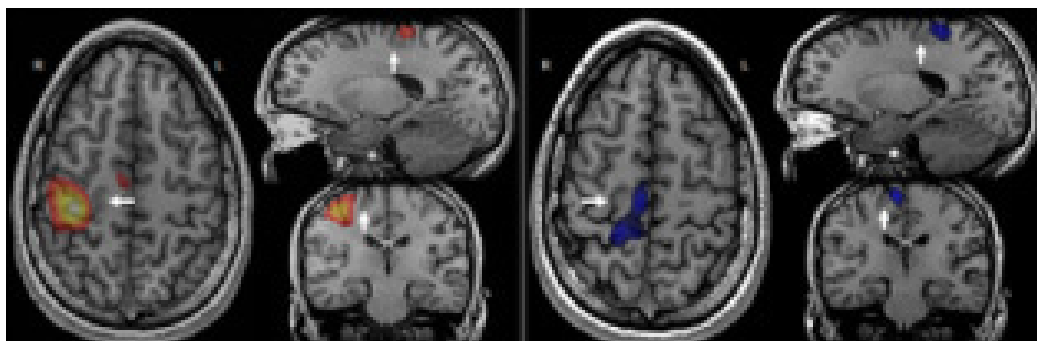


Figura 9. La RMf muestra la activación de las áreas corticales. Las áreas motoras de la mano (izquierda) y del pie izquierdos, ambos en estrecha proximidad con la lesión (flecha blanca).

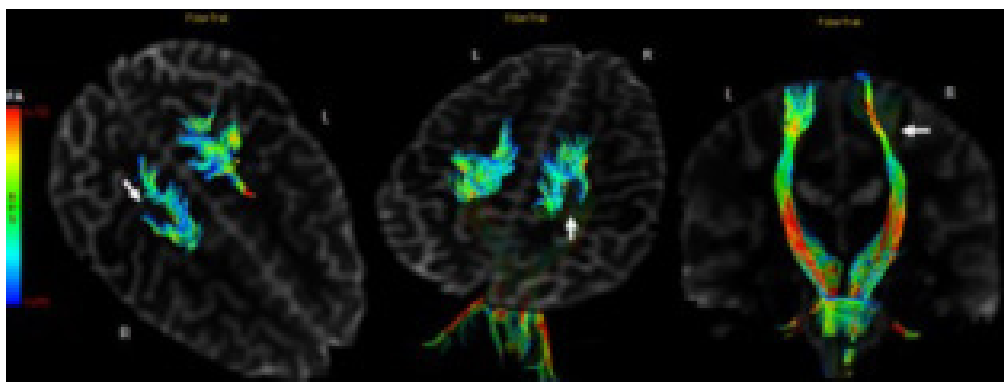


Figura 10. Reconstrucción tractográfica del tracto córticoespinal (TCE) en una RM (T2). La rotación axial de la imagen muestra una desviación del TCE derecho debido a la lesión (flecha blanca). La imagen coronal muestra una disminución en el número de fibras y el compromiso de la integridad del TCE derecho.

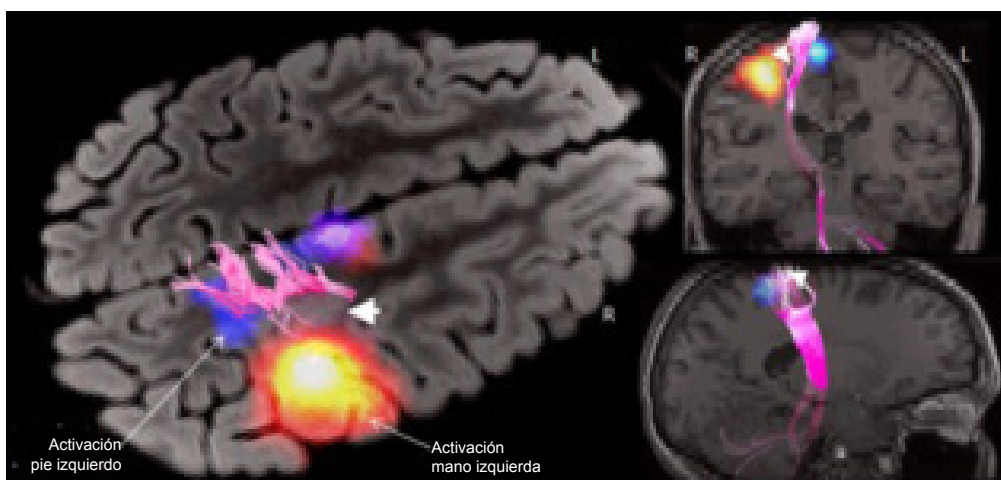


Figura 11. Fusión de las imágenes funcional, estructural y anatómica. La activación motora de la mano y el pie izquierdos son desplegadas en la RM (FLAIR) en el corte axial rotado, también el tracto córticoespinal (TCE) derecho (rosa) y se observa la topografía de la lesión (cabeza de flecha blanca) respecto a la corteza elocuente. En los cortes

coronal y sagital (derecha) de RM (T1) se observa el despliegue de la fusión, mostrando la sustancia blanca de las estructuras del TCE rodeando la lesión y el margen de seguridad para la resección.

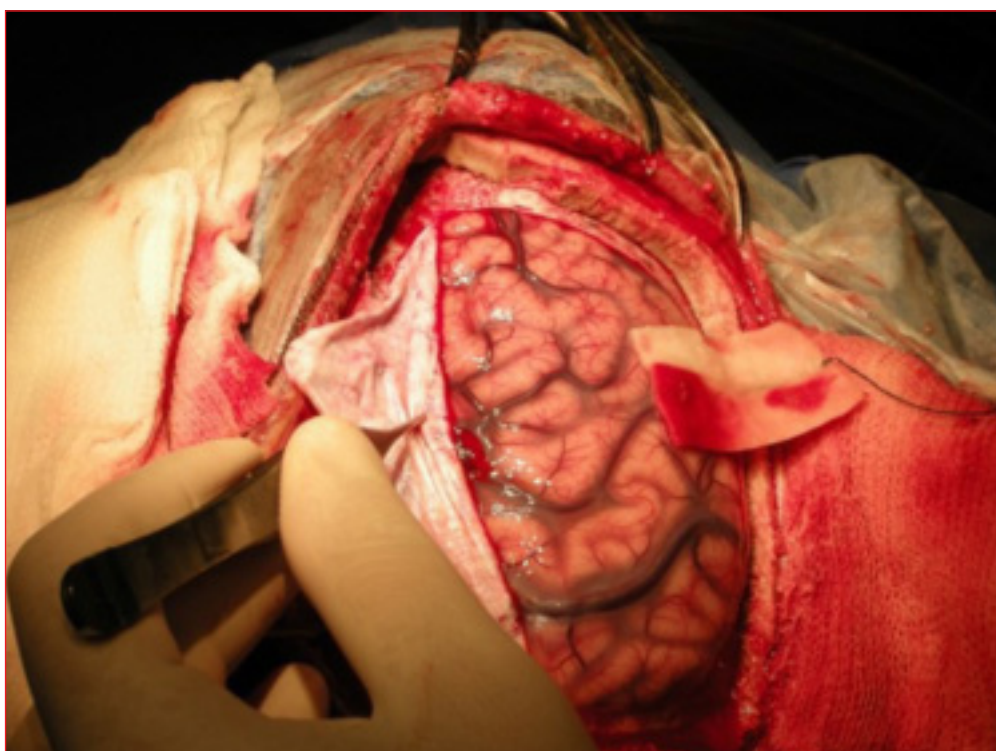


Figura 12. Se observa el campo quirúrgico. La vena de Rolando es claramente visible.

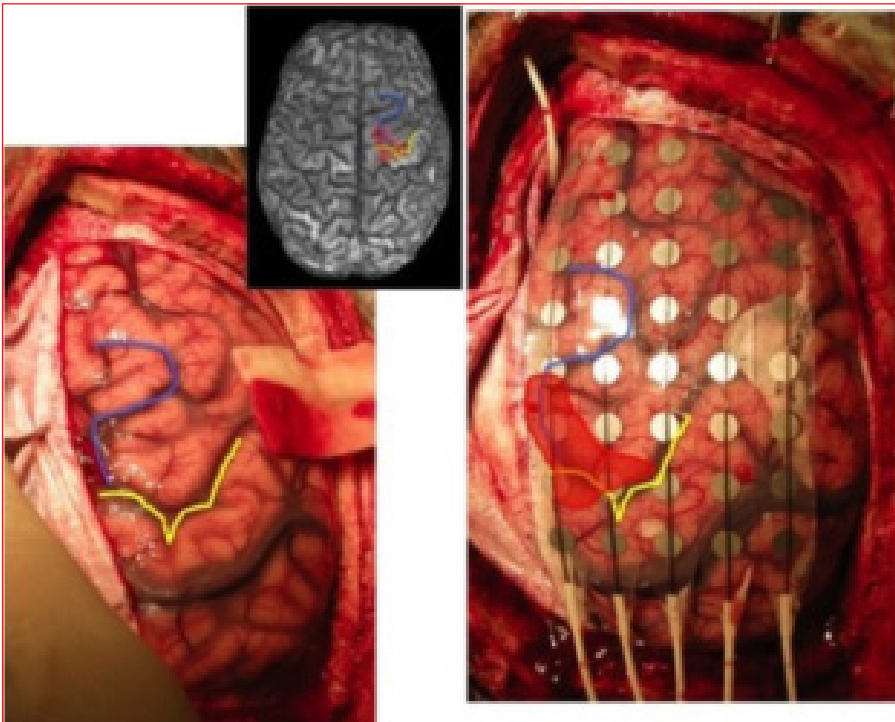


Figura 13. Se muestra la superposición del área motora, la lesión y la relación con la grillas subdurales.

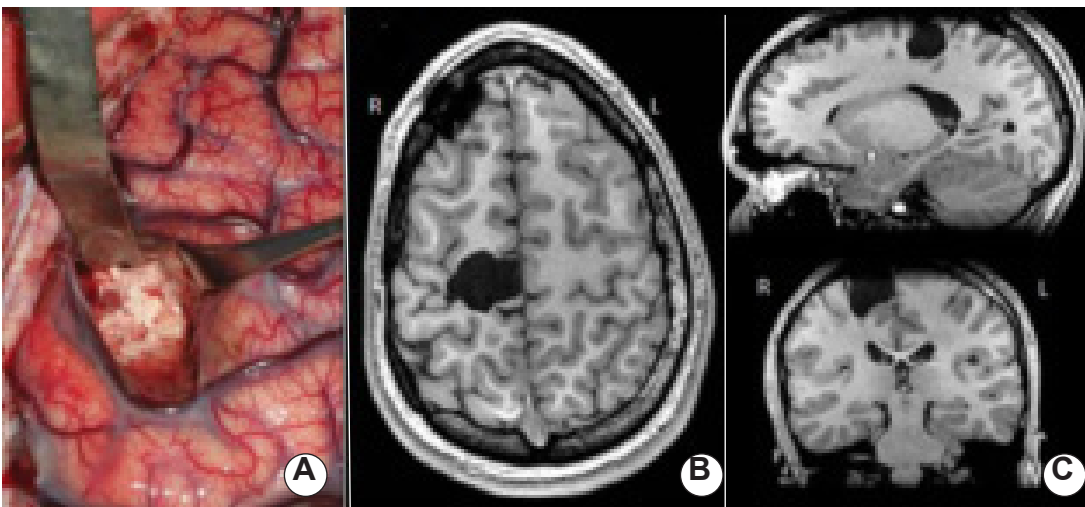


Figura 14. A. Se observa el campo quirúrgico luego terminada la lesionectomía pura realizada. En el fondo de la resección pueden verse fibras del tracto corticoespinal. B. La MR (T1) postquirúrgica muestra la completa resección de la lesión.

una lesionectomía pura, que puede observarse en la figura 14A. También se visualizan fibras del tracto corticoespinal en la profundidad de la resección. En la figura 14B se observa en la RM, en secuencia T1, la imagen postquirúrgica mostrando la completa resección de la lesión.

IMPORTANCIA DE LA NEUROFISIOLOGÍA INTRAOPERATORIA

Unido a todo lo antedicho, la neurofisiología intraoperatoria, corrobora, confirma y da certeza, de la relación entre el área epileptógena a resear y las áreas elocuentes (motora y palabra).²⁴⁻²⁶

En efecto, la estimulación cortical y subcortical o pro-

funda, (sustancia blanca, haz corticoespinal), los potenciales evocados somatosensitivos (PESS)²⁷ y la electrocorticografía (ECoG) con su actual e histórico rol, son herramientas importantes en la eventual ampliación del área a resear.²⁸⁻²⁹ De esta manera se incrementa la posibilidad de un mejor resultado quirúrgico.

Todo lo referido a la “Revolución de la Imagen”, no descarta en absoluto la superposición pre e intraoperatoria de los hallazgos neurofisiológicos con la imagen anatómica, que puede observarse, no sólo en el cerebro expuesto, sino también en la útil imagen que ofrece la neuronavegación intraoperatoria.

Es innegable la utilidad que tiene para el neuro-

Cirugía Directa

Lesiones perirolándicas. Los abordajes craneanos para las cirugías de estas áreas deben ser amplios, por lo que, referido a la neurofisiología intraoperatoria, se describe a continuación.

Habitualmente se realiza una craniectomía según la técnica de Penfield ampliada.

Se utiliza la tecnología convencional, completa. La coagulación bipolar se utiliza con baja intensidad (60 a 80 mA),³¹ con la idea de no generar una gliosis, potencialmente epileptógena, a futuro. La estimulación cortical irá confirmando lo observado en la imagen funcional.^{32,33}

Se respeta la aracnoides de las circunvoluciones ajenas al área epileptógena.

Iniciando la resección, hacia la profundidad, en sustancia blanca, si bien la tractografía va orientando en forma adecuada, se utiliza la estimulación subcortical, que permite corroborar lo observado en la tractografía.

Debe respetarse, coagulando lo menos posible, los vasos sanguíneos, arterias y venas cortico-subcorticales.

Se reduce al máximo posible la aspiración convencional o ultrasónica, reemplazándola, en lo posible, por la disección roma.

Dependiendo de la lesión y de su tamaño, en algunos casos, para reducir el uso de disectores, se podría fragmentar, no sacándola en "block".

Se realiza en forma rutinaria, el examen patológico intraoperatorio.

Pese a todo lo antedicho, en referencia a la excelente imagen preoperatoria, fusionada con la RM, cuando se trata de epilepsias lesionales se recurre durante el procedimiento quirúrgico a la neuronavegación y la ecografía.

En algunos casos se puede usar la RM intra-operatoria, que brinda una buena ayuda en las lesionectomías.³⁴

Basado en la experiencia de uno de los autores, se trata de evitar el procedimiento quirúrgico con pacientes despiertos, por el alto porcentaje de pacientes pediátricos que conforman su casuística, así como por los muy buenos resultados que se logran, ya que se trata de pacientes previamente estudiados mediante el implante de electrodos intracraneanos para localizar, en particular el área de la palabra, sumado al valioso aporte de la Neuroimagen Moderna. Sin embargo, considera que en pacientes con epilepsias no lesionales adyacentes a las áreas de Broca, Wernicke(35) y fascículo arcuato puede ser utilizado.

Cirugía en dos tiempos

Se implementa en lesiones rolándicas, adyacentes a Broca, Wernicke, peri-rolándicas sin límite posterior claro, así como en epilepsias no lesionales fronto-parietales.

Primer tiempo. Implante de electrodos intracraneanos. Se realiza la fusión posible de todas las imágenes antes de la programación del implante, una semana antes de la cirugía. Se programa, conjuntamente con el equipo de neurólogos y fisicomédicos, el implante de electrodos profundos o grillas, dependiendo de la zona a estudiar y la clínica del paciente.

Se colocan los electrodos guiados por neuronavegación. Se realiza TC y RM luego de la cirugía para verificar ausencia de sangrado y para realizar la fusión de imágenes.

El paciente es trasladado a la Unidad de Video-Telemetría, donde se realiza el registro correspondiente, así como estimulación cerebral a través de los contactos de los electrodos determinando el AEP, el límite del área elocuente a resear.^{36,37} También se puede estimular buscando reproducir crisis convulsivas. En síntesis, se determina el AEP y los límites de las áreas a resear. Se cargan los datos en el neuronavegador.

Segundo tiempo. Cirugía resectiva

Se hacen abordajes amplios debido a necesidad de utilizar la neurofisiología intraoperatoria.

Se reconocen las áreas funcionales y sus límites, la lesión o el AEP y su relación con dichas áreas. Se realiza la confirmación de los datos cargados en el neuronavegador, mediante estimulación directa y/o PESS o potenciales motores.

Es importante respetar la aracnoides de las circunvoluciones ajenas al área epileptógena.

Durante la resección, se coagula y se corta aracnoides a 5 mm del límite de la circunvolución para que quede aracnoides que proteja las áreas funcionales adyacentes. En la profundidad (sustancia blanca), la neuronavegación ofrece una buena guía, así como la estimulación directa. Se puede utilizar la estimulación a través del aspirador.³⁸

Es importante el uso de disección roma en la resección, si bien en la profundidad se recurre a la aspiración ultrasónica.

En forma rutinaria, se realiza el examen patológico intraoperatorio.

El cierre craneal se realiza con grampas no metálicas, debido a los controles postoperatorios con RM.

Siempre se coloca drenaje epidural. Se realiza una TC a las 24 hs. y una RM a las 72 hs. de la cirugía. Estas imágenes se fusionan con los estudios pre-operatorios, verificando que la resección haya sido la planificada.

CONCLUSIONES

Las epilepsias que asientan en áreas elocuentes deben ser tratadas en centros avanzados de cirugía de la epilepsia.

Los procedimientos quirúrgicos a implementar, podrían realizarse en forma directa o en dos tiempos. La decisión se basa en las características clínicas, la localización de la lesión, la información obtenida por la video-EEG y las imágenes.

El avance de la tecnología: especialmente la llamada "Revolución de la Imagen", con el aporte de las funcionales, con paradigma de palabra y motor, superposición y fusión de imágenes, tractografía, así como el PET interictal (con o sin EEG), la neurofisiología (aguda o crónica), con electrodos intracraneanos, la estimulación cortical y profunda, los PESS, que en manos de equipos adecuadamente entrenados, reduce significativamente la morbilidad vinculada al tratamiento quirúrgico de las epilepsias que asientan en estas áreas.

El equipo quirúrgico debe priorizar la necesidad que los pacientes plantean, de mejorar su calidad de vida controlando o curando la epilepsia que padecen. No es aceptable que el equipo continúe, al igual que decenios atrás, sin ofrecer la cirugía en las epilepsias que asientan en las áreas elocuentes.

Por todo lo referido es que creemos que ha llegado el momento que una "nueva" ética guíe las conductas de los equipos aplicados al tratamiento quirúrgico de las epilepsias. Ya no hay explicación ni justificación, para que, ante el pedido del paciente y/ o de su familia, el equipo no asuma la lógica responsabilidad de las potenciales secuelas, teniendo en consideración que sin la cirugía, la calidad de vida del paciente se va a deteriorar inevitablemente. Más aún ante la posibilidad de incrementar, en forma estadísticamente significativa, el índice de suicidios, comparando esta estadística con la población no epiléptica³⁹⁻⁴⁰

Agradecimiento: A E. Cáceres por su ayuda en el diseño / desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Olivier A, Boling WW, Tanriverdi T (Ed). Surgery of central area epilepsy. Techniques in Epilepsy Surgery. The MNI approach. Cambridge University Press, 2012: 132-145.
- Houinard P, Paus T. The primary motor and premotor areas of the human cerebral cortex. The Neuscientist 2006; 12(2): 143-152.
- Barba C, Frot M, Valeriani M, Tonali P, Mauguire F. Distinct fronto-central N60 and supra-sylvian N70 middle-latency components of the median nerve SEPs as assessed by scalp topographic analysis, dipolar modeling and depth recordings. Clin Neurophysiol 2002; 113(7): 981-992.
- Pouratian N, Bookheimer. The reliability of neuroanatomy as a predictor of eloquence: a review. Neurosurg Focus 2010; 28 (2): E3.
- Idris, Z, Kandasamy R, Reza F, Abdullah JM. Neural oscillation, network, eloquent cortex and epileptogenic zone revealed by magnetoencephalography and awake craniectomy. Asian J Neurosurg 2014; 9(3): 144-152.
- Pondal-Sordo M, Diosy D, Téllez-Zenteno JF, Girvin JP, Wiebe S. Epilepsy surgery involving the sensory-motor cortex. Brain 2006; 129: 3307-3314.
- Delev D, Send K, Wagner J, von Lehe M, Ormond DR, Schramm J, Grote A. Epilepsy surgery of the rolandic and immediate perirolandic cortex: surgical outcome and prognostic factors. Epilepsia 2014; **(*) : 1-9.
- Devoux B, Chassoux F, Landré E, Turak B, Abou. Salma Z, Mann M, Pallud J, Baudouin-Chial S. Varlet P, Rodrigo S, Nataf F, Roux FX. Surgical resections in functional areas: report of 89 cases. Neurochirurgie, 2008; 54(3): 409-417.
- Devinsky O, Romanelli P, Orbach D, Pacia S, Doyle W. Surgical treatment of multifocal epilepsy involving eloquent cortex. Epilepsia 2003; 44(5): 718-723.
- Boling W, Parsons M, Kraszpulski M, Cantrell C, Puce A. Whole-hand sensorimotor area: cortical stimulation localization and correlation with functional magnetic resonance imaging. J Neurosurg. 2008; 108(3): 491-500.
- Yoursy TA, Schmid UD, Alkadhi H, Schmidt A, Peraud A, Buettner A, Winkler P. Localization of the motor hand area to a knob on the precentral gyrus. A new landmark. Brain. 1997; 120: 141-157.
- Young-Hoon K, Chi HK, June SK, Sang KL, Chun KC. Resection frequency map after awake respective surgery for non-lesional neocortical epilepsy involving eloquent areas. Acta Neurochir 2011; 153: 1739-1749.
- Sandok EK, Cascino GD. Surgical treatment for perirolandic lesional epilepsy. Epilepsia 1998; 39(Suppl 4): S42-48.
- Behdad A, Limbrick DD Jr, Bertrand ME, Smyth MD. Epilepsy surgery in children with seizures arising from the rolandic cortex. Epilepsia 2009; 50(6): 1450-1461.
- Jeong JW, Asano E, Juhász C, Chugani HT. Localization of specific language pathways using tractography for presurgical planning of children with intractable epilepsy. Epilepsia 2015; 56(1):49-57.
- Holodny A. Clinical Applications of MRI and DTI. ISMRM 2006-2007.
- González-Darder JM¹, González-López P, Talamantes F, Quilis V, Cortés V, García-March G, Roldán P. Multimodal navigation in the functional microsurgical resection of intrinsic brain tumors located in eloquent motor areas: role of tractography, Neurosurg. Focus, 2010; 28(2): E5.
- Rodionov R¹, Vollmar C, Nowell M, Miserocchi A, Wehner T, Micalef C, Zombori G, Ourselin S, Diehl B, McEvoy AW, Duncan JS. Feasibility of multimodal 3D neuroimaging to guide implantation of intracranial EEG electrodes, Epilepsy Research. 2013;107: 91-100.
- Momjian S, Vulliémoz S, Spinelli L, Pollo C, Utilization of Preoperative Imaging for Epilepsy Surgery. Epileptologie, 2007; 24: 73-77.
- Petrella JR¹, Shah LM, Harris KM, Friedman AH, George TM, Sampson JH, Pekala JS, Voyvodic JT. Preoperative functional MR imaging localization of language and motor areas: effect on therapeutic decision making in patients with potentially resectable. Brain tumors. Radiology, 2006; 240(3): 793-802.
- Liu H, Buckner RL, Talukdar T, Tanaka N, Madsen JR, Stufflebeam SM. Task-free presurgical mapping using functional magnetic resonance imaging intrinsic activity. J Neurosurg 2009; 111(4): 746-754.
- Mattew C, Garret MD, Pouratian N, Liau LM. Use of language mapping to aid in resection of gliomas in eloquent brain regions. Neurosurg Clin N Am. 2012; 23(3): 497-506.
- Cukiert A, Buratini JA, Machado E, Sousa A, Vieira J, Forstaer C, Argenton M, Baidauf C, Frayman L. Seizure's outcome after cortical resections including the face and tongue rolandic areas in patients with refractory epilepsy and normal MRI submitted to subdural grids' implantation. Arq Neuropsiquiatr 2001; 59(e-B): 717-721.
- Korostenskaja M, Po-Ching Ch, Salinas CM, Westerveld M, Brunner P, Gerwin S, Cook JC, Baumgartner J, Lee KH. Real-time functional mapping: potential tool for improving language outcome in pediatric epilepsy surgery. J Neurosurg Pediatr. 2014; 14(3): 287-295.
- Sala F, Matevz JK, Deletis V. Intraoperative neurophysiological monitoring in pediatric neurosurgery: why, when, how? Childs Nerv Syst 2002;18: 264-287.
- Sala F, Intraoperative neurophysiology is here to stay. Childs Nerv Syst 2010; 26: 413-417.

27. Weinzierl MR, Reinacher P, Gilsbach JM, Rodhe V. Combined motor and somatosensory evoked potentials for intraoperative monitoring: intra- and postoperative data in a series of 69 operations. *Neurosurg Rev* 2007; 30: 109-116.
28. Farrell DF, Burbank N, Lettich E, Ojermann GA. Individual variation in human motor-sensory (rolandic) cortex. *J Clin Neurophysiol* 2007; 24(3): 286-293.
29. Branco DM, Coelho TM, Branco BM, Achmidt L, Calcagnotto ME, Partuguez M, Neto EP, Paglioli E, Palmieri A, Lima JV, Da Costa JC. Functional variability of the human cortical motor map: electrical stimulation findings in perirolandic epilepsy surgery. *J Clin Neurophysiol* 2003; 20(1): 17-25.
30. Lee U¹, Bastos AC, Alonso-Vanegas MA, Morris R, Olivier A. Topographic analysis of the gyral patterns of the central area. *Stereotact Funct Neurosurg*. 1998; 70(1): 38-51.
31. Zha F, Zhou J, Li T, Cui Z, Luan G. Outcome of bipolar electrocoagulation with lesionectomy in the treatment of epilepsy involving eloquent areas. *Stereotact Funct Neurosurg* 2015; 93(1): 1-9.
32. Gallentine WB, Mikati MA. Intraoperative electrocorticography and cortical stimulation in children. *J Clin Neurophysiol*. 2009; 26(2): 95-108.
33. Zotta D, Di Rienzo A, Scogna A, Ricci A, Ricci G, Galzio RJ. Supratentorial cavernomas in eloquent areas: application of neuro-navigation and functional MRI in operative planning. *J Neurosurg Sci* 49(1): 2005; 13-19.
34. Kibride RD. Intraoperative functional cortical mapping of language. *J Clin Neurophysiol* 2013; 30(6): 591-596.
35. Chitoku S, Otsubo H, Harada Y, Rutka JT, Weiss SK, Abdol M, Snead OC 3rd. Extraoperative cortical stimulation of motor function in children. *Pediatr Neurol* 2001; 24(5): 344-350. Goujun Z, Duanyu N, Fu P, Lixin C, Tao Y, Liang Q, Zhiwei R. The threshold of cortical electrical stimulation for mapping sensory and motor functional areas. *J Clin Neurosci* 2014; 21(2): 263-267.
36. Shah AK, Mittal S. Invasive electroencephalography monitoring: indications and presurgical planning. *Ann Indian Acad Neurol* 2014; 17(5): 89-94.
37. Beniffa M, Sala F Jr, Jane J, Ostubo H, Ochi A, Drake J, Weiss S, Donner E, Fujimoto A, Holowka S, Widjaja E, Snead OC3rd, Smith ML, Tammer MS, Rutka JT: Neurosurgical management of intractable rolandic epilepsy in children: role of resection in eloquent cortex. Clinical article. *J Neurosurg Pediatr* 2009, 4(3): 199-216.
38. Shibani E, Krieg SM, Obermuller T, Wostrack M, Meyer B, Ringel F. Continuous motor-evoked potential stimulation using the tip of an ultrasonic aspirator for the resection of motor eloquent lesions. *J Neurosurg* 2015;123: 301-306.
39. Stefanello S, Marín-León L, Fernandes PT, Li LM, Botega NJ. Psychiatric comorbidity nad suicidal behavior in epilepsy: A community-based case-control study. *Epilepsia* 2010; 51(7): 1120-1125.
40. Kanner AM, Barry JJ, Gilliam F, Hermann B, Meador KJ. Anxiety disorders, subsyndromic depressive episodes, and major depressive episodes: Do they differ on their impact on the quality of life of patients with epilepsy?. *Epilepsia* 2010; 51(7): 1152-1158.

COMENTARIOS

Los autores plantean una nueva era en el concepto de cirugía de epilepsia, ya que a partir de contar con métodos de imagen de naturaleza no invasiva, se logra realizar una cobertura espacial que permite identificar y delimitar con precisión las zonas epileptogénicas y su relación con las estructuras elocuentes.

Estos métodos, se muestran sumamente efectivos para determinar la ubicación y mapeo de las áreas de la corteza de alta expresividad funcional. A su vez, permiten predecir el riesgo de déficit y evaluarlo en función de la calidad de vida actual del paciente. La utilización de la tractografía y la posibilidad actual de poder utilizarla en programas de neuronavegación, sumada a la fusión con otros métodos, es una herramienta inestimable que cambia radicalmente el paradigma en cuanto a la factibilidad de resección de un foco epileptogénico.^{1,2}

A pesar de contar con estos recursos, la cirugía resectiva en las áreas elocuentes, y especialmente en el área motora, presenta un elevado riesgo de déficit neurológico postoperatorio mayor que en otras localizaciones.³

Paralelamente, los avances de la neuromodulación en el control de crisis (su expresión y duración), evolucionaron de manera tal que, en la actualidad, la utilización de la Estimulación Cerebral Profunda talámica e hipocámpal y los sistemas de circuito cerrados (neuro peace), se muestran como métodos sumamente efectivos.^{4,5}

Si bien son muy pocos los casos en los cuales se han reportado pacientes libres de crisis, muestran un beneficio mayor al 70% en el control de las mismas en

pacientes seleccionados.

Esto plantea un nuevo y muy interesante punto de discusión para aquellos pacientes en los cuales la resección del foco epileptogénico implicaría la generación de un déficit permanente. La evaluación respecto a las posibilidades deberá realizarse en conjunto con el paciente ante la disyuntiva de la eliminación total de las crisis pero con una cierta probabilidad de la instalación de un déficit neurológico, o la continuidad de la epilepsia refractaria con un mayor control en el número y severidad de las crisis.

En esta nueva era de la revolución de la imagen y la neuromodulación, tendremos el desafío de encontrar el justo equilibrio para balancear esta ecuación.

Sergio Pampin, MD

Neurocirujano

**Servicio de Neurocirugía, Hospital Posadas
Buenos Aires, Argentina**

Referencias

1. The role of neuronavigation-guided functional MRI and diffusion tensor tractography along with cortical stimulation in patients with eloquent cortex lesions.. Kumar A, Chandra PS, Sharma BS, Garg A, Rath GK, Bithal PK, Tripathi M. *Br J Neurosurg*. 2014 Apr;28(2):226-33. doi: 10.3109/02688697.2013.835370. Epub 2013 Sep 11.
2. Integration of functional neuronavigation and intraoperative MRI in surgery for drug-resistant extratemporal epilepsy close to eloquent brain areas. Sommer B, Grummich P, Coras R, Kasper BS, Blumcke I, Hamer HM, Stefan H, Buchfelder M, Roessler K. *Neurosurg Focus*. 2013 Apr;34(4):E4. doi: 10.3171/2013.2.FOCUS12397.
3. Epilepsy surgery of the rolandic and immediate perirolandic cortex: surgical outcome and prognostic factors. Delev D1, Send K, Wagner J, von Lehe M, Ormond DR, Schramm J, Grote A. *Epilepsia*. 2014 Oct;55(10):1585-93. doi: 10.1111/epi.12747. Epub 2014 Aug 8.

4. Cochrane Database Syst Rev. 2017 Jul 18;7:CD008497. doi: 10.1002/14651858.CD008497.pub3. Deep brain and cortical stimulation for epilepsy. Sprengers M1, Vonck K, Carrette E, Marson AG, Boon P.
5. Curr Treat Options Neurol. 2017 Feb;19(2):7. doi: 10.1007/s11940-017-0442-9. Neurostimulation Devices Used in Treatment of Epilepsy. Dalkic EB1.
6. Deep brain stimulation for intractable epilepsy. Morace R, Di Gennaro G, Quarato P, D'Aniello A, Amascia A, Grammaldo L, DE Risi M, Sparano A, DE Angelis M, DI Cola F, Solari D, Esposito V. J Neurosurg Sci. 2016 Jun;60(2):189-98. Epub 2016 Mar 4. Review.

• • •

HB Pomata et al muestran en este artículo la importancia de la aplicación de métodos multimodales con imágenes de alta resolución para lograr precisión de localización anatómica (RM 3T,DTI), precisión de localización funcional mediante activación cortical (RMf) prequirúrgica, registro invasivo con grillas subdurales, estimulación cortical (SCo), neuronavegación intraoperatoria, MFC, PESS-IO para el abordaje quirúrgico de la epilepsia de origen en áreas elocuentes, con especial interés en las áreas centrales y pericentrales. Nos describen 2 casos con hermosas fotografías de imágenes prequirúrgicas, haciendo énfasis en mostrar las áreas de activación cortical (área motora y del lenguaje), estructuras subcorticales (tractografía del haz CoS y FoAo) y fotografías intraoperatorias de la técnica de resección e imágenes de control posoperatorias.

En el primer caso, se describe a un paciente de 15^a, m con EFS de difícil control farmacológico con MRI el cual muestra displasia cortical en área FoCe posterior derecha. RMf da como resultados AcCoMo en íntima relación con la lesión. Dti muestra deformidad de ToCoS sin compromiso del mismo. En primer tiempo quirúrgico se guía mediante neuronavegación, implante de grillas subdurales corticales abarcando al lesión y áreas elocuentes perilesionales. Estudio de video-EEG+CoS+PESS indentifican AMP y límites y relaciones con AEP. En segundo tiempo quirúrgico se realizó lesionectomía pura, con resección completa de la lesión (Displasia Cortical).

Un segundo caso describe la resección de un DNT en región fronto-temporo-insular derecho con estudio de imágenes preoperatorias con RMf+DTI+grillas subdurales, grillas subdurales, fusión de imágenes, SCo y lesionectomía pura completa de la lesión. Las imágenes funcionales preoperatoria pueden estimar con mucha precisión la localización de las áreas funcional en relación a la lesión epileptogénica, reduciendo el riesgo quirúrgico.^{1,2,3}

La tomografía por emisión de positrones (PET), la resonancia magnética funcional (fMRI) y las imágenes con fuente electromagnética (ESI) son tres de los métodos de imágenes funcionales del cerebro mas utilizadas.^{1,6} Otra de las imágenes para el estudio funcional prequirúrgico es la espectroscopia por RM (MRSI), ya que provee un mapa metabólico de la probable infiltración tumoral.

La navegación intraoperatoria, despertar intraoperatorio (DI), mapeo funcional cortical (MFC), combinado con las técnicas microquirúrgicas, son herramientas de gran importancia para maximizar la efectividad y seguridad, resección de la lesión o foco epileptogénico sobre todo en aquellas que se comprometan en lesiones adyacentes a las áreas de Brocca, Wernicke.^{3,6} Pacientes pediátricos por debajo de los 5 años no se deben a procedimiento con DI-MFC, siendo remplazado con gran utilidad por los PESS.

Felicitemos a los autores de este artículo de gran importancia para mostrar con relevancia la utilidad del abordaje de patologías complejas por su localización, productoras de epilepsia, con tecnología multimodal, la cual debe ser realizada por grupos con experiencia dedicados a la cirugía de las epilepsias en centros de excelencia.

Juan C. Benedetti, MD

Unidad de Neurocirugía Estereotáctica Funcional & Oncológica & Radiocirugía, Cartagena, Colombia

Referencias

1. Benedetti J.C., Kafury K. Resección de tumores cerebrales en Áreas Elocuentes bajo métodos multimodales. Rev. Actualización en Neurocirugía. Vol 2 No 8. Asociación Colombiano de neurocirugía. Agost 2005.
2. Benedetti J.C., de la Rosa G, Torres M.,Castillo E. Craneotomías , Resecciones volumétricas y lesionectomías guiadas por estereotaxia. Neurociencias en Colombia. Vol 13:1 15-20. Junio-Septiembre 2005.
3. Benedetti J.C Lesionectomías de tumores de bajo grado en pacientes con epilepsia opercular bajo guía estereotáctica, mapeo funcional cortical (mFC) y despertar intraoperatorio. Neurociencias en Colombia. Vol 13:1 21-26, Junio-Septiembre 2005.
4. Henry Carvajal MD., Rubén Carrasquilla MD. , Ramiro Alcalá MD., Juan Carlos Jiménez MD. , Juan Carlos Benedetti MD. Anestesia para craneotomías con resecciones volumétricas en áreas elocuentes guiadas por estereotaxia. Sedación consciente vs anestesia general. Rev. Colomb Anestesiol Vol 36 No3. Bogota Julio/Sep 2008.
5. Benedetti Juan Carlos MD. Fundamentos de la Cirugía estereotáctica: Pasado, presente y futuro. Neurotarget, Vol 2. N1. Junio de 2007, pág 7.
6. Braun V,Dempf S, Tomczak R,Wurderlich A, Weller R, Richter HP: Functional caraneal neuronavigation: Direct integration of fMRI and PET data. J Neuroradiol 2000;27:157-163.